

## **BET STRUCTURES FOURNIER**

160 Rue d'ALCO  
cage A - Appt 59  
Résidence le Bussy d'Amboise  
34080 MONTPELLIER  
Port : 06 48 12 12 35  
Email : [laurentfournier.bet@gmail.com](mailto:laurentfournier.bet@gmail.com)

Montpellier, le 23 Octobre 2023

Référence : LF-302

Auteur: Laurent FOURNIER

# DIAGNOSTIC STRUCTURE DE VÉRIFICATION DE PORTANCE SURFACIQUE DE LA TOITURE TERRASSE EXISTANTE DANS LE CADRE DE L'AJOUT D'ÉQUIPEMENTS PHOTOVOLTAÏQUES ANCIEN BATIMENT

DIAGNOSTIC sur la « capacité portante surfacique » de la toiture terrasse existante dans le cadre de l'installation de panneaux photovoltaïques sur plots thermosoudés selon les éléments fournis par le C.N.R.S.

Adresse du site :

**C.N.R.S campus Arnaud de Villeneuve**  
**Bâtiment IGF Nord**  
**141 rue de la Cardonille**  
**34090 Montpellier**

Rapport réalisé pour :

**C.N.R.S.**  
**Affaires Générales**  
**1919 Route de Mende**  
**34293 MONTPELLIER Cedex 05**

## Table des matières

<b>1.</b>	<b>Objet de l'étude .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Mission .....	3
<b>2.</b>	<b>Le repérage des supports structurels de panneaux.....</b>	<b>3</b>
2.1.	Descriptif de la structure du bâtiment. ....	3
<b>3.</b>	<b>DESCRIPTIF DU PROJET - SYSTEME ET PANNEAUX.....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>ANALYSE.....</b>	<b>5</b>
4.1.	Normes applicables aux charges d'exploitation et climatiques .....	5
4.2.	Hypothèses de calculs sans DOE ou sondages .....	6
4.3.	Calculs.....	7
<b>5.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>8</b>

# 1. Objet de l'étude

## 1.1. Mission

La présente mission nous a été confiée par le C.N.R.S afin de réaliser le diagnostic « structurel exclusivement » concernant la capacité portante "surfacique" des planchers des toitures terrasses existantes, séparées par des JD, constituant le Bâtiment IGF Nord du Campus Arnaud de Villeneuve à Montpellier dans le cadre de l'ajout de panneaux photovoltaïques **selon des procédés possibles multiples dits « thermosoudés »** selon les règlements en vigueur pour la pose sur un nouvel isolant et une nouvelle étanchéité après enlèvement et évacuation de la protection gravillonnée existante **(ANALYSES selon les systèmes SOPRASOLAR FIX EVO TILT ou procédé SIKA/ iNovaPV EPC Solaire par exemple.)**

Le diagnostic structurel se base suivant les règlements lors de la construction (dans les années 1970 selon la MO et les plans DOE Architecte en archives et « CCTP ou C.P.S. » selon l'époque de la construction) par analyse comparative des charges sur la base d'une structure saine construite dans les règles de l'art.

- D'établir visuellement la nature des planchers supports des panneaux photovoltaïques
- Définir les charges apportées par la pose de panneaux photovoltaïques sur plots.
- Une analyse des efforts apportés

Nous avons effectué une visite commune sur place le 04-09-2023 et le C.N.R.S nous a indiqué l'idée constructive du projet sur une nouvelle étanchéité auto-protégée et un nouvel isolant compatibles avec le projet solaire avec un système d'installation de panneaux en respect des normes actuelles thermiques et conformes au DTU Etanchéité selon un procédé de type « thermosoudé » et un gabarit usuel de panneaux à utiliser en orientation unique.

Limites de prestations : Les études ne comprennent pas le suivi, ni de réunions de chantier, ni les études de la nouvelle isolation et de la nouvelle étanchéité. Cette mission diagnostic de structures exclusivement ne saurait être une mission de maîtrise d'œuvre ou d'exécution.

## 2. Le repérage des supports structurels de panneaux

### 2.1. Descriptif de la structure du bâtiment.

Le bâtiment est un ouvrage en béton qui date des années 1970 selon la Maîtrise d'ouvrage, les plans architecte et le CCTP ou C.P.S. et qui semble dans un bon état de conservation sans grandes pathologies visibles apparentes

C'est un bâtiment en béton, constitué de voiles préfa ou BA, poutres BA, et poteaux en béton avec des planchers (poutrelles/hourdis selon le CCTP ou BA selon ce que nous avons pu constater au niveau haut R-1) selon le plan et la coupe joints en annexes.

Les toitures terrasses présentent une étanchéité inversée avec isolant de type « styrodur » sur étanchéité, une protection gravillonnée de 5 cm mesurée sur site avec une pente théorique sur la coupe architecte (constituée d'une chappe rapportée) « non réellement constatée » sur place (voir la photo en toiture en ANNEXES). Le complexe d'étanchéité est prévu d'être modifié intégralement. Nous sommes en présence de planchers « en dur » selon l'expression sur des supports de types béton armé (voiles, poutres et poteaux...).

### 3. DESCRIPTIF DU PROJET - SYSTEME ET PANNEAUX

#### LE PROJET:

*Le projet prévoit la réfection de l'intégralité du complexe d'étanchéité existant à la charge exclusive de l'étancheur en respect des normes en vigueur et la pose de panneaux photovoltaïques selon l'un des procédés existants dit « Thermosoudé » sous avis technique ou ETN avec dépose et rebouchages des éléments et trémies non nécessaires saillants à la toiture terrasse sous l'emprise des futurs panneaux. Voir le plan joint en Annexes.*

*Les nouveaux éléments constituant le nouveau complexe d'étanchéité doivent impérativement être compatibles avec la classe de compressibilité de l'isolant (classe C ?) et la résistance au poinçonnement de l'étanchéité (indice 5 ?) en respect des normes en vigueur et des normes imposées par l'ETN pour recevoir la pose de panneaux photovoltaïques selon le procédé défini par la MO.*

#### L'étancheur doit :

Déposer tout le complexe de couverture existant pour retourner au support béton nu ou « chappe pour pente », de mettre en œuvre un nouveau pare vapeur ; de mettre en œuvre une isolation (classe C ?) et enfin de mettre en œuvre une étanchéité bicouche (I5 ?) adaptés au système thermosoudé en respect des évacuations d'eau et des trop pleins et des divers relevés d'étanchéité existants (20 cm au-dessus de la protection mesuré EN UN POINT sur site et à vérifier en périphérie) ou à reprendre en fonction des normes actuelles y compris le garde corps de protection collective (qui semble inférieur à 1 mètre !!!).

Le poids de ces complexes « en général » est de soit 12 daN/m<sup>2</sup> à confirmer par l'étancheur.

#### LES SYSTEMES/PROCEDES Thermosoudés possibles pour exemples:

**La version SOPRASOLAR du procédé se compose principalement des matériaux/composants suivants :**

Plots SOPRASOLAR® FIX EVO avec plastrons (30x30 cm) thermosoudés sur l'étanchéité

Rehausse et bloqueur SOPRASOLAR® FIX EVO TILT en aluminium

Kit étriers « intermédiaires + finaux ou universels » permettant de fixer les modules photovoltaïques aux rehausses du procédé

La masse totale du complexe par m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques selon les fiches techniques disponibles est de 3 kg/m<sup>2</sup> environ.

**La version SIKA/ iNovaPV EPC Solaire du procédé se compose principalement des matériaux/composants suivants :**

Supports Alu iNovaPV sous la forme d'un H, avec deux rails de 40 ou 58 cm et une entretoise avec des bandes de raccordement en PVC thermosoudées sur l'étanchéité

Réhausses basses et rehausses hautes en aluminium pour orientation

Brides de fixation permettant de fixer les modules photovoltaïques aux rehausses

La masse totale du complexe par m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques selon les fiches techniques disponibles est de 2.8 kg/m<sup>2</sup> également.

## **LES PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES:**

Le panneaux utilisés sont en général de DIMENSIONS 1762/(1.732)x1134x30(/35) mm pour un poids maximum de 22 à 22.5 kg / unité selon la fiche technique jointe en ANNEXES pour exemple - soit une surcharge moyenne des panneaux de = 10.80 à 11 daN/m<sup>2</sup>.

**Ainsi nous avons comme apport de surcharges permanentes sur les planchers existants, en plus des divers éléments existants: le poids du nouveau complexe d'étanchéité, le poids du système complet thermosoudé et le poids des panneaux photovoltaïques.**

***A noter que la toiture existante sera allégée de son complexe actuel d'étanchéité et par le retrait complet de la protection gravillonnée.***

**Les surcharges permanentes rapportées du projet sont donc de :**

12 daN/m<sup>2</sup> pour le poids du complexe d'étanchéité neuf

+ 3 daN/m<sup>2</sup> pour le poids du système de montage

+ 11 daN/m<sup>2</sup> maximum pour les panneaux

**soit une surcharge additionnelle permanente totale de + 26 daN/m<sup>2</sup> maximum sur les toitures terrasses OU une charge par plot de 7 ou 14 daN centraux environ.**

## **4. ANALYSE**

### ***4.1. Normes applicables aux charges d'exploitation et climatiques***

Le bâtiment date des années 1970 selon la maîtrise d'ouvrage, les plans Architecte et C.P.S.

Nous avons 3 types de normes qui déterminent les charges d'exploitation :

La norme CCBA de 1968 et fascicules 70 & 71, la norme NFP 06-001 (de 1986 et remplacée depuis les années 2000 par les Eurocodes 0,1) et donc la norme Eurocode 1 sur les actions.

La norme CCBA de 1968 et les fascicules ne décrivent pas les surcharges d'exploitation qui doivent être déterminées selon le C.P.S. mais qui en général n'étaient pas plus faibles que la NFP 06-001

**Selon l'extrait joint en Annexe du CCTP OU C.P.S., la surcharge d'exploitation requise pour la terrasse est de 200 daN/m minimale**

La norme NFP 06-001 décrit à l'article § 2.7.3 la charge d'exploitation à  $q = 1,50 \text{ kN/m}^2$  pour les toitures-terrasses techniques ou zones techniques.

Les Eurocodes 01- NFP P06 1991-1-1 – partie 1 , § 6.3.4 : catégories toitures ; catégorie H ; Annexe national remplaçant le tableau 6.10 >  $q_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$

**Le bâtiment a été dimensionné selon les règles antérieures selon le C.P.S. avec les charges minimales de  $Q > 200 \text{ daN/m}^2$  minimum. ( $2.0 \text{ kN / m}^2$ ) selon le C.P.S. joint en Annexes (Nous notons que la différence de charges est de 70 et 120 daN/m<sup>2</sup> entre les divers règlements).**

Nous avons également 2 types de normes qui déterminent les charges climatiques :  
Ces normes définissent les charges de neige et de vent sur les ouvrages à créer aujourd'hui.

La norme NFP 06-002 Règles NV65 révisées février 2009 (remplacée depuis l'année 2012 par les Eurocodes 0 ; 1) et la norme Eurocode 1.

**Le bâtiment a été vraisemblablement dimensionné selon les normes NV65.**

- Neige B2:  $S_k = 0.55 \text{ kN/m}^2$  avec  $\mu_i = 0.8$  soit  $44 \text{ daN/m}^2$  contre  $45 \text{ daN/m}^2$  pour NV65
- Neige extrême  $S_e = 0.75 \text{ kN/m}^2$  et neige accidentelle  $S_{acc} = 108 \text{ kN/m}^2$
- Vent 3, IIIb - ht 14 m env. -  $C_p = +0.2$  **en général sur panneaux** &  $W = 65 \text{ daN/m}^2$  env.

*(La structure support des modules photovoltaïques doit être dimensionnée en prenant en compte les règles de calcul des Eurocodes en vigueur qui ont pour objectif de fixer les valeurs des charges climatiques (neige et vent).*

*Zone de neige (NF EN 1991-1-3 de Mai 2007) : B2*

*Zone de vent (NF EN 1991-1-4 de Mars 2008) : 3*

#### **4.2. Hypothèses de calculs sans DOE ou sondages**

##### LES CHARGES PERMANENTES:

Planchers estimés selon les portées de 3.60 m environ en 16+4 cm (de type poutrelles hourdis béton en hypothèse défavorable) =  $285 \text{ daN/m}^2$

*Forme de pente par chape ramenée (estimée à 5 à 6 cm) =  $120 \text{ daN/m}^2$  MAIS NON VISIBLE REELEMENT SUR PLACE (selon la photo jointe en Annexes) DONC IGNOREE*

Complexe d'étanchéité existant =  $12 \text{ daN/m}^2$  (?)

Faux plafonds + réseaux divers =  $18 \text{ daN/m}^2$

Protection gravillonnée 5 cm existantes =  $100 \text{ daN/m}^2$

**TOTAL CHARGES PERMANENTES EXISTANTES =  $415 \text{ daN/m}^2$**

**Charges additionnelles sur les toitures terrasses =  $12 + 14 \text{ daN/m}^2$  UNIQUEMENT sous l'emprise des surfaces occupées par les panneaux**

**TOTAL CHARGES PERMANENTES Maximales PROJETEES avec retrait du complexe actuel d'étanchéité et de la protection gravillonnée =  $329 \text{ daN/m}^2$**

**DELTA DE CHARGES Permanentes = - 21 % ce qui allège les charges existantes sous panneaux photovoltaïques de  $86 \text{ daN/m}^2$  et de  $100 \text{ daN/m}^2$  hors panneaux.**

**FAVORABLE POUR LES CHARGES PERMANENTES**

### 4.3. Calculs

**Nous avons vu que la surcharge permanente supprimée sous l'emprise des panneaux est de -86 daN/m<sup>2</sup> et de -100 daN/m<sup>2</sup> dans les zones de circulations.**

*NOTA : La surface prise par les panneaux photovoltaïques n'est plus une surface d'exploitation. En effet, Il est interdit de monter sur les panneaux, donc la charge permanente et la charge d'exploitation ne sont de ce fait pas cumulables. Il est également impossible de comptabiliser une charge d'entretien sous les panneaux (entre 14 et 42 cm sous les panneaux) pour un ou 2 agents de maintenance et d'entretien. L'exploitation ne se fait uniquement que sur les zones de circulation entre et autour des panneaux.*

**Donc la charge d'exploitation théorique de 200 daN/m<sup>2</sup> est également mobilisée sous l'emprise des panneaux soit – 296 daN/m<sup>2</sup> ELS sous panneaux et 0 daN/m<sup>2</sup> ELS dans les zones de circulations**

Ainsi quelques soient les normes de charges retenues, nous avons une surcharge permanente rapportée par les panneaux + procédé inférieure aux charges d'exploitation et au retrait de la charge d'exploitation. **14 daN/m<sup>2</sup> sous panneaux << 100+80 << 100+150 ou 100+200 daN/m<sup>2</sup> FAVORABLE**

**Ainsi, quelques soient les normes de charges retenues et dans tous les cas de combinaisons E.L.U ou ACCIDENTELLES E.L.A., les cas de la charge de neige normale, extrême, accumulée ou accidentelle (non cumulable avec la charge d'exploitation), mais cumulables avec les surcharges permanentes et l'effet de pression de vent, nous aurions une charge maximale au droit des panneaux de 125 daN/m<sup>2</sup> < (1.50x80+100) = 220 daN/m<sup>2</sup> EC0-EC1 <<< 325 NFP 06.001 <<< 400 daN/m<sup>2</sup> selon C.P.S. avec retrait des gravillons**

#### **Concernant les charges ponctuelles sous panneaux :**

Hypothèses pour bonne diffusion = 4 Plots SOPRASOLAR plastron 30x30 cm par panneau **et/ou** 4 Supports rails 58 cm Alu iNovaPV bande PVC 58x15 cm par panneau  
Surface d'appui sur étanchéité = 900 cm<sup>2</sup> ou 870 cm<sup>2</sup>

Charges Normales ELS sur panneaux = 11 + 44 +(0.6\*65\*0.2) = 63 daN/m<sup>2</sup> + 3 daN/ plot  
soit une charge descendante normale maximale de 34.5 daN aux ELS  
et une charge descendante pondérée maximale de 64 daN aux E.L.U. / E.L.A.

La charge de poinçonnement aux E.L.S est donc de 0.00396 Mpa et de 0.0073 Mpa aux E.L.A.  
Sans compter la diffusion des efforts via l'étanchéité et l'isolant jusqu'au plancher.

***La charge de poinçonnement des dalles est très faible; on peut donc s'abstenir de réaliser un calcul détaillé du cisaillement, nous sommes loin d'une valeur de 1 MPa au cisaillement, contrainte, à partir de laquelle on regarde le cisaillement précisément.***

## 5. Conclusion

Les planchers existants supports des panneaux photovoltaïques sont de type planchers poutrelles hourdis ou planchers BA en parties. Les charges ajoutées sont très faibles et inférieures à la charge d'entretien donnée par les règlements de calcul de l'époque de la construction dans le C.P.S. et elles ne couvrent même pas en poids le retrait de la protection gravillonnée existante.

Le projet soulage en fait la toiture en terme de charges.

Nous ne voyons pas de contre-indication à la pose des panneaux sur ces toitures.

La mise en œuvre de l'installation photovoltaïque sur la nouvelle étanchéité ne remet pas en cause la pérennité de l'ouvrage.

Je reste à disposition pour tout renseignement complémentaire.

Laurent Fournier - Gérant